Productivité et qualité des grains de sorgho pour le tô en Afrique de l'Ouest : les nouvelles voies d'amélioration

Les variétés traditionnelles de sorgho sont appréciées pour leur qualité de grain, mais peu productives. Jusqu'à présent, les variétés sélectionnées avaient de meilleurs rendements mais des qualités de grain médiocres. Aujourd'hui, les connaissances sur la nature biochimique de la qualité et sur le support génétique de ces critères ont beaucoup progressé, ouvrant la voie à la sélection de nouvelles variétés productives et bien acceptées par les consommateurs.

G. TROUCHE
Cirad-ca, TA 70/01,
avenue Agropolis,
34398 Montpellier Cedex 5, France
gilles.trouche@cirad.fr

G. FLIEDEL
Cirad-ca, TA 70/16,
75 rue Jean-François Breton,
34398 Montpellier Cedex 5, France
genevieve.fliedel@cirad.fr

J. CHANTEREAU
Cirad-ca, TA 70/01,
avenue Agropolis,
34398 Montpellier Cedex 5, France
jacques.chantereau@cirad.fr

C. BARRO
Inera, Crrea du Centre, Station de Saria,
BP 10, Koudougou, Burkina Faso

Une culture vivrière très répandue en Afrique de l'Ouest

Le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) est la principale culture vivrière des régions soudano-sahéliennes d'Afrique de l'Ouest. Les superficies emblavées annuellement en sorgho sont de l'ordre de 12,5 millions d'hectares pour l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest, et la production annuelle est proche de 11,3 millions de tonnes (FAO, 1998).

Dans ces régions, les variétés traditionnelles de sorgho restent largement dominantes et la diffusion des variétés améliorées reste encore limitée. Dans les années 80, le taux d'adoption des variétés améliorées de sorgho était estimé à seulement 5 % (MATLON, 1985). Selon des études plus récentes, ce taux d'adoption serait toutefois en progression dans plusieurs pays depuis 1990 et atteindrait, en 1995, 30 % dans certaines régions du Mali (YAPI et DEBRAH, 1998). Cependant, la plupart des variétés améliorées adoptées par les agriculteurs ouest-africains sont des variétés d'origine locale et très peu sont des variétés sélectionnées à haut potentiel de rendement (TROUCHE *et al.*, 1998).

Les variétés locales de sorgho

Les variétés locales d'Afrique de l'Ouest appartiennent en grande majorité à la race guinea. Ainsi, les écotypes guinea constituent 93 % des variétés locales de sorgho du Burkina Faso (ZONGO, 1991) et 70 % du Mali (TOURE *et al.*, 1997). Les variétés guinea sont remarquablement bien adaptées aux agrosystèmes traditionnels par leur rusticité,

Caractéristiques agromorphologiques et technologiques des sorghos caudatum et guinea

Les variétés locales guinea (à grain blanc) d'Afrique de l'Ouest

- grande taille et faible ratio grain/paille
- forte sensibilité à la photopériode
- panicules lâches et glumes longues
- faibles potentiel de rendement et aptitude à l'intensification
- tolérantes aux moisissures du grain et aux insectes de la panicule (sauf cécidomyie) et des stocks
- grains de taille variable, vitreux et durs (faciles à décortiquer manuellement en donnant un bon rendement), aptes à la confection d'un tô ferme qui se conserve plusieurs jours.

Les variétés caudatum (à grain blanc) d'Afrique de l'Est et de l'Ouest

- taille faible à moyenne et bon ratio grain/paille
- faible sensibilité à la photopériode
- panicules compactes à semi-compactes et glumes courtes
- potentiel de rendement élevé et bonne aptitude à l'intensification
- généralement sensibles aux moisissures du grain et aux insectes de la panicule et des stocks
- grains petits ou moyens, peu vitreux et tendres (difficiles à décortiquer manuellement avec un rendement médiocre et beaucoup de brisures), peu aptes à la confection d'un tô ferme qui se conserve plusieurs jours.

leur sensibilité à la photopériode et leur tolérance aux principaux ravageurs du sorgho (SAPIN, 1983 ; VAKSMANN *et al.*, 1996). De plus, leur type de grain répond bien aux besoins de transformation et de consommation, en particulier pour la préparation du tô, qui est le plat traditionnel le plus consommé en Afrique de l'Ouest, et pour la préparation d'autres plats et de diverses boissons. Cependant, leur potentiel de rendement et leur aptitude à l'intensification sont faibles et ces variétés ne peuvent pas entièrement répondre à l'augmentation des besoins alimentaires liée à l'accroissement démographique de ces régions.

Les variétés sélectionnées de sorgho

Les variétés sélectionnées de sorgho sont en majorité issues de la race caudatum et secondairement de la race kafir. En dépit d'un potentiel de rendement plus élevé, elles ont connu jusqu'à présent un faible taux de diffusion auprès des agriculteurs ouest-africains à cause de leur plus grande exigence en facteurs de production (respect des dates de semis, fertilisation, pratiques culturales) et de leurs caractéristiques du grain moins appropriées pour la conservation et la préparation des plats traditionnels comme le tô. Pourtant, il devient urgent de développer une nouvelle gamme de variétés améliorées de sorgho qui réponde efficacement à l'intensification tout en étant suffisamment adaptée aux contraintes de production et aux besoins des consommateurs afin d'assurer la sécurité alimentaire de la région.

La sélection combinée de bonnes caractéristiques agronomiques et d'une qualité de grain adaptée aux exigences des consommateurs est une difficulté majeure des programmes d'amélioration génétique du sorgho. Pendant deux décennies, malgré des efforts de recherche importants, peu de progrès ont été réalisés dans ce domaine. Afin de mettre au point de nouvelles variétés de sorghos répondant réellement aux objectifs fixés de productivité et de qualité du grain, les chercheurs du Cirad ont prévu de conduire des recherches simultanément selon trois axes complémentaires :

– connaissance des caractéristiques technologiques et physico-chimiques de la qualité de grain pour le tô ;

– identification des facteurs génétiques du rendement et de la qualité du grain ;

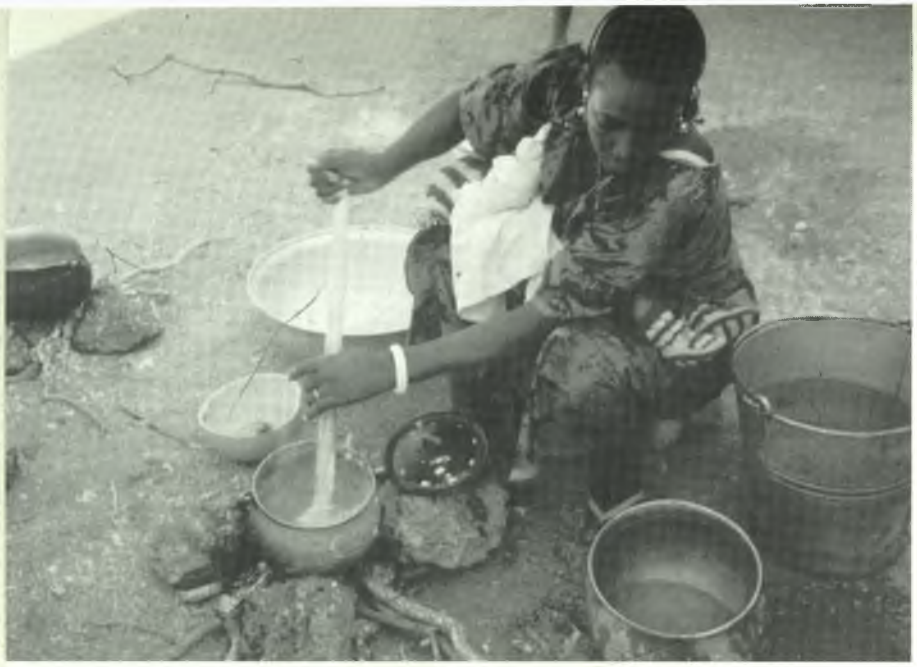
– mise au point de stratégies de sélection pour l'amélioration conjointe de la productivité et de la qualité du grain.

La qualité de grain requise pour le tô

Le tô est une bouillie traditionnelle très consistante préparée quotidiennement dans la plupart des pays de la zone soudano-sahélienne en Afrique de l'Ouest. Il est consommé aux principaux repas, accompagné de légumes, de feuilles, de viande et de divers condiments. S'il y a des restes, le tô est conservé toute la nuit et consommé le lendemain matin avec du lait et du sucre ou avec la sauce de la veille.

Pour comprendre pourquoi les variétés locales de sorgho étaient plus aptes à cette transformation que les variétés améliorées, les caractéristiques physico-chimiques des grains d'un sorgho guinea et celles d'un sorgho caudatum ont été analysées. Les caractéristiques les plus déterminantes dans la qualité technologique et culinaire du grain pour la fabrication du tô ont été précisées.

Pour cela, une enquête sur les principaux critères de qualité du tô a été réalisée dans les villages, notamment au Mali et au Burkina Faso. La



Cuisson du tô. (G. Fliedel)

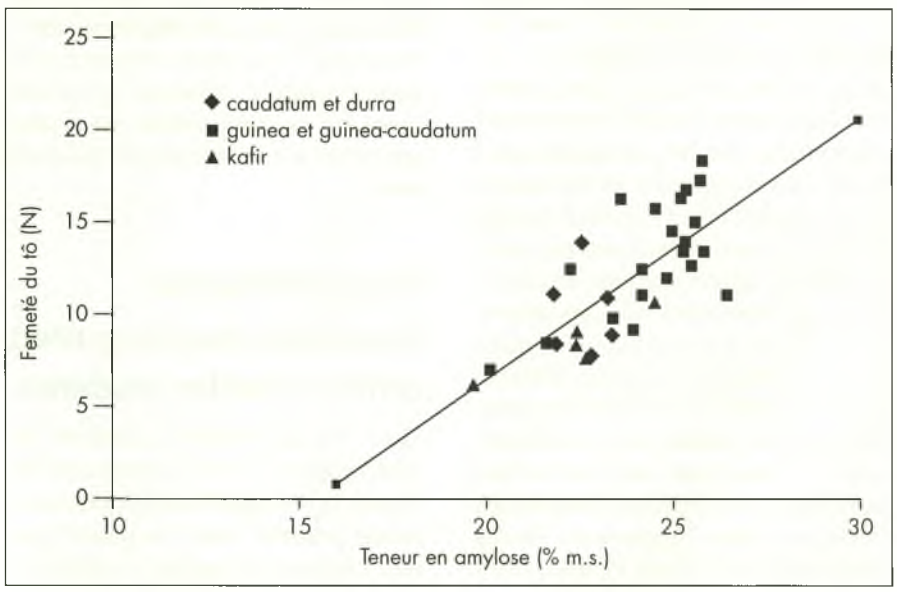
tiques physico-chimiques. Les analyses physiques effectuées sur les grains entiers ont porté sur l'évaluation visuelle de la vitrosité avec une échelle de 1 à 5, sur la mesure de la dureté par la méthode *Particle Size Index* (FLIEDEL *et al.*, 1989), sur l'aptitude au décorticage mesurée par le rendement au décorticage et sur le taux de brisures. Les analyses chimiques des grains entiers broyés et des farines ont porté sur la mesure des teneurs en lipides, en protéines, en matières minérales et en fibres. Certaines caractéristiques de l'amidon telles que la teneur en amylose, la capacité de solubilisation, le gonflement, la viscosité au *Rapid Visco Analyser* ont été également déterminées sur les farines.

Toutes les données ont été analysées statistiquement par corrrélations totales et régressions multiples progressives. Les résultats ont montré que plus le grain est riche en amylose, plus le tô est ferme (figure 1). En revanche, la présence dans la farine de débris de son ou de germe riches en matières minérales, en lipides et en protéines, diminue la qualité de la bouillie. Pour 32 cultivars en provenance du Mali, la consistance du tô a pu être expliquée par la plus grande solubilité des macromolécules de l'amidon dans l'eau à 90 °C et la plus faible teneur en matières minérales de la farine. Après la solubilité et le gonflement de l'amidon, c'est la plus forte teneur en amylose de la farine qui explique le mieux la consistance du tô, suivie par la plus faible teneur en matières minérales. Dans une autre étude réalisée sur 13 variétés en provenance d'Afrique australe, la consistance du tô a été expliquée par la forte teneur en amylose du grain suivie de la faible teneur en protéines de la farine (FLIEDEL *et al.*, 1999). Ainsi, la consistance du tô dépendrait en priorité de la quantité de macromolécules d'amidon solubilisées en cours de cuisson — notamment de macromolécules d'amylose — qui augmentent la viscosité de la phase liquide de l'empois et donc la fermeté du gel. Une deuxième composante intervient : la pureté de la farine qui doit être débarrassée des parties périphériques du grain. Elle est directement liée à l'aptitude au décorticage des grains ou à la richesse en amidon du grain.

Pour sélectionner des variétés de sorgho de bonne qualité pour le tô, il convient tout d'abord de choisir les variétés ayant des grains riches en amylose, c'est-à-dire avec une teneur supérieure à 20,5 % de matière sèche dans le grain entier, correspondant à des farines de teneur supérieure à 24 % de matière sèche. Parmi celles-ci, il faut retenir les variétés les plus aptes au décorticage, c'est à dire les plus dures ou les plus vitreuses, qui sont usées de façon homogène pendant l'abrasion ou le pilage et donnent une farine pure. Ces variétés devraient donner un bon tô et être ainsi bien acceptées par les populations locales.

Cette démarche aboutissant à l'identification des bases physico-chimiques de la qualité a ensuite été appliquée à d'autres bouillies épaisses consommées en Afrique de l'Est (*l'ugali*) ou en Afrique australe (le *bogobe*). Les résultats indiquent que les variétés de sorgho qui sont bonnes pour le tô le sont aussi pour l'*ugali* et pour le *bogobe* (FLIEDEL *et al.*, 1999).

Figure 1. Relation entre la teneur en amylose et la fermeté du tô pour 32 cultivars de sorgho de divers types raciaux et origines géographiques.



Les facteurs génétiques de la productivité et de la qualité du grain

Les nouveaux outils d'analyse moléculaire du génome des plantes permettent d'approfondir la connaissance du déterminisme génétique des caractères complexes. Ces outils ont été mis en œuvre par le Cirad en partenariat avec l'Inera (Institut de l'environnement et de recherches agricoles, Burkina Faso) pour identifier et localiser les régions du génome impliquées dans la qualité du grain des sorghos de race guinea. Ils ont également été utilisés pour mettre en évidence d'éventuels antagonismes génétiques entre les caractères de qualité du grain des sorghos de race guinea et ceux impliqués dans la productivité en grain des sorghos de race caudatum. En effet, ces caractéristiques raciales sont difficiles à sélectionner simultanément (DEGREMONT, 1992). Les travaux d'analyse du génome du sorgho ont donc cherché à apporter un éclairage nouveau sur ce problème.

Analyse du génome

Un écotype caudatum du Zimbawe (IS 2807) a été croisé, d'une part, avec un écotype guinea burkinabé (N° 249 de la collection Cirad ou IS 7680) et, d'autre part, avec un écotype guinea du Sénégal (N° 379 de la collection Cirad). Les lignées recombinantes issues de ces deux croisements ont été cartographiées à l'aide des marqueurs moléculaires RFLP *(Restriction Fragment Lenght Polymorphism)* et évaluées en culture pour un grand nombre de caractères agronomiques puis au laboratoire pour les caractéristiques physico-chimiques du grain déterminant la qualité du tô (dureté et vitrosité du grain, rendement au décorticage, teneurs en amylose et en protéine). Les régions génomiques impliquées dans l'expression de ces différents caractères et désignées sous le nom de QTL *(Quantitative Trait Loci)* ont pu ainsi être identifiées (figures 2 et 3) (RAMI *et al.*, 1998).

Le nombre de QTL détectés et leur localisation varient entre les deux croisements. En effet, à chaque croisement correspond un fond génétique différent avec ses propres particularités d'expression. Par exemple, pour le caractère de rendement au décorticage, quatre QTL ont été détectés pour le croisement 379 sur les chromosomes C, F (2) et H mais aucun QTL n'a été identifié pour le croisement 249 (figure 2). Il est toutefois possible de trouver des QTL communs. Ainsi, sur une extrémité du chromosome C, il existe pour les deux croisements un QTL pour la teneur en protéines du grain. Par ailleurs, une même région du chromosome F apparaît importante pour la teneur en amylose, la dureté et la vitrosité du grain (figure 2), confirmant au plan génétique que les grains les plus aptes pour le tô sont à la fois vitreux, durs et à haute teneur en amylose. Dans cette région, on a aussi localisé le gène *B2/b2* qui est l'un des deux gènes contrôlant la présence de la couche brune du grain. Localisée sous le péricarpe et très riche en tanins, la couche brune aurait un effet sur la vitesse de déshydratation des grains intervenant ainsi dans la vitrosité du grain (FLIEDEL, comm. pers.). L'importance de ce segment chromosomique est par ailleurs confirmée par DUFOUR (1996) qui a montré son homologie avec une région du chromosome 7 du maïs contenant le gène *opaque 2,* gène qui agit fortement sur la composition en acides aminés et sur la vitrosité du grain de maïs.

Des contributions favorables chez les guinea comme chez les caudatum

Que l'on considère la qualité du grain (figure 2) ou la productivité (figure 3), les apports alléliques favorables peuvent venir du parent guinea comme du parent caudatum. Ainsi, par exemple, pour le croisement 379, deux QTL ont été identifiés pour la teneur en amylose, l'un sur le chromosome F et l'autre sur le chromosome D. Dans un cas, c'est le parent guinea qui apporte la forme allélique favorable mais, dans l'autre, c'est le parent caudatum. Des situations similaires sont observées pour la teneur en protéines et le poids de 1 000 grains.

Quelques antagonismes génétiques existent entre les différentes composantes de la qualité du grain et de la productivité. Ils sont dus à des QTL liés ayant des contributions parentales opposées. Par exemple, un antagonisme qualité du grain-rendement est observé pour le croisement 379. A l'extrémité du chromosome C, sont positionnés proches un QTL pour la teneur en protéine marqué par l'allèle caudatum (donc ayant un effet défavorable sur la qualité du tô) et un QTL pour le poids de 1 000 grains, également marqué par le parent caudatum (favorable pour la productivité). Dans ce cas, l'obtention des génotypes souhaités dépend du taux de *crossing-over* susceptibles de briser cette liaison génétique défavorable.

Un nouveau champ d'investigation s'ouvre ainsi pour la sélection du sorgho. D'autres études seront nécessaires afin de mieux préciser les déterminants génétiques de la qualité et du rendement grain chez le sorgho et comprendre leurs interactions. Les résultats obtenus par RAMI *et al.* (1998) montrent que les facteurs génétiques de la qualité du grain ne sont pas spécifiques des sorghos guinea tout comme ceux de la productivité ne sont pas spécifiques des sorghos caudatum. Des améliorations de la qualité technologique et nutritionnelle du grain semblent donc possibles avec des apports génétiques de sorghos caudatum ; de même, des facteurs génétiques d'amélioration du rendement ont été identifiés chez les sorghos guinea. Certes, quelques liaisons génétiques défavorables existent mais elles laissent une marge importante pour une amélioration conjointe des critères

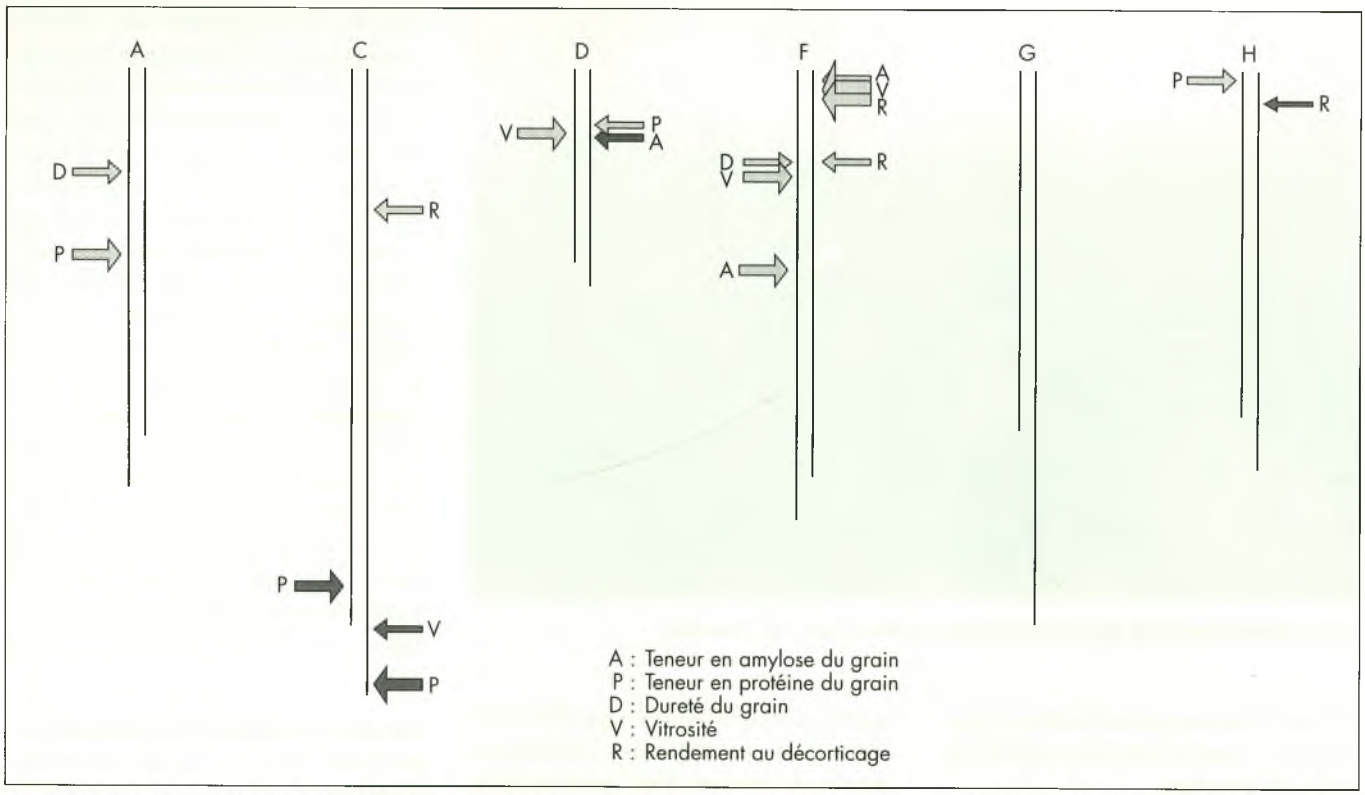
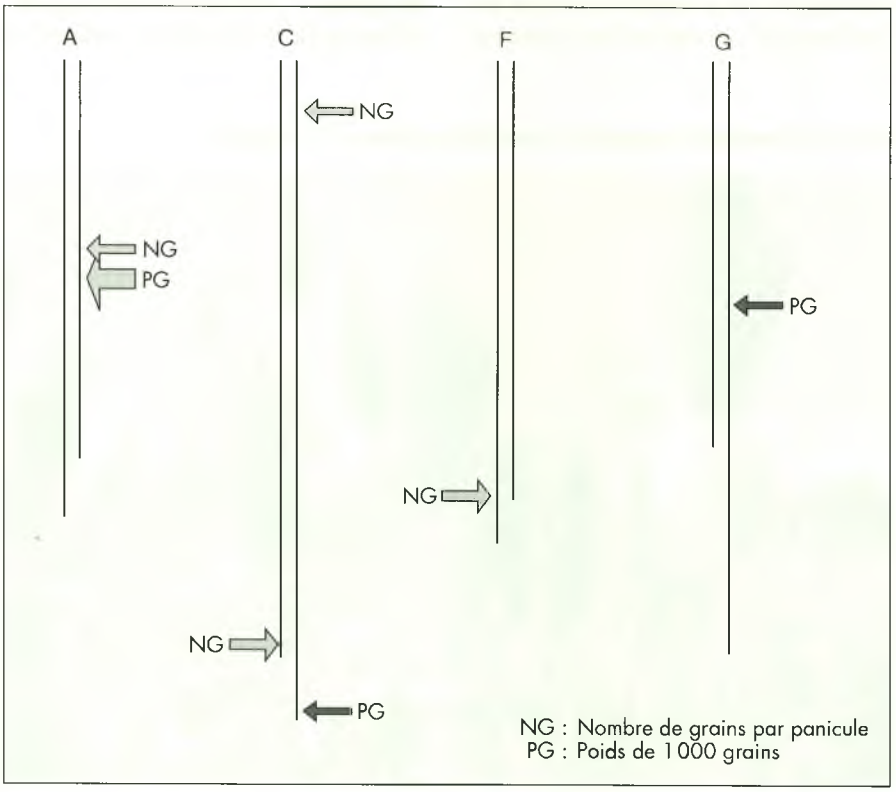


Figure 2. Localisation des QTL détectés pour les principaux caractères de qualité du grain à partir de deux croisements (croisement 249 entre IS 2807 et IS 7680 et croisement 379 entre IS 2807 et N° 379).

Figure 3. Localisation des QTL détectés pour deux composantes de rendement à partir de deux croisements (croisement 249 entre IS 2807 et IS 7680 et croisement 379 entre IS 2807 et N° 379).



Note pour les figures 2 et 3 : Seuls sont indiqués ici les chromosomes sur lesquels des QTL ont été localisés.
Chaque chromosome a été dupliqué pour présenter à gauche les résultats du croisement 249 et à droite les résultats du croisement 379.
Les QTL sont positionnés par des flèches à leur emplacement de maximum de vraisemblance.
La taille des flèches est proportionnelle au pourcentage d'explication du caractère apporté par le QTL.
La flèche ⇦ signale que l'apport allélique positif à un QTL provient du parent caudatum (IS 2807) ; La flèche ⇦ signale que l'apport positif provient du guinea (IS 7680 ou 379).

Variété sélectionnée de sorgho caudatum, Burkina Faso. (G. Trouche)

de qualité et de productivité en grain à partir d'une sélection ciblée sur des QTL non liés.

Amélioration conjointe de la productivité et de la qualité du grain

Pour améliorer conjointement la productivité et la qualité de grain des sorghos, trois stratégies de sélection ont été développées : améliorer la qualité du grain pour le tô des variétés caudatum tout en maintenant voire en augmentant leur productivité, améliorer la productivité des variétés guinea tout en conservant leur qualité de grain ou recombiner les caractères favorables des deux races par des croisements guinea x caudatum.

Amélioration de la qualité de grain des variétés caudatum

Les objectifs de sélection sont la création de lignées ayant une bonne vigueur à la levée, une hauteur de plante moyenne (2 à 2,5 mètres), une panicule aérée bien dégagée de la dernière feuille, un haut degré de résistance aux maladies foliaires et aux moisissures des grains, une productivité élevée et stable et une qualité de grain améliorée pour le tô.

Le schéma de sélection

La qualité du grain des sorghos résulte d'un ensemble de caractères morphologiques, agronomiques et physiologiques. Parmi ceux-ci, on peut distinguer les caractères conférant l'adaptation au milieu, qui permettent de minimiser l'effet des facteurs climatiques et biotiques responsables de l'altération des grains, et les caractères physico-chimiques intrinsèques du grain. Parmi les caractères d'adaptation au milieu, interagissent l'adaptation au climat (calage de la période de remplissage des grains après la fin de la saison des pluies grâce au photopériodisme), la morphologie de la panicule et des épillets, la tolérance aux insectes de la panicule et aux moisissures des grains. Les principaux caractères physico-chimiques du grain sont l'épaisseur du péricarpe, la vitrosité et la dureté du grain, la teneur du grain en amylose et en protéine et les capacités de gonflement et de solubilisation de l'amidon.

Un choix raisonné des géniteurs. Les géniteurs utilisés dans les croisements sont choisis au sein de la diversité des écotypes et lignées sélectionnées caudatum afin d'améliorer un ou plusieurs caractères impliqués dans la qualité du grain ; les géniteurs améliorateurs les plus utilisés sont présentés dans le tableau 1.

Un criblage précoce des descendances pour les critères de qualité du grain. L'amélioration de la qualité du grain des variétés caudatum a

Panicules dressées et compactes de sorgho caudatum. (G. Trouche)

été conduite dans le cadre de programmes de recherches bilatéraux du Cirad en partenariat avec l'Isra au Sénégal, l'Icrisat au Mali et l'Inera au Burkina Faso.

Le criblage des descendances a été réalisé à partir de la génération F2 sur les stations de Nioro du Rip (région Centre-Sud du Sénégal), de Samanko (région Centre du Mali) et de Saria (région Centre du Burkina Faso) ; ces trois sites sont soumis à des infestations naturelles régulières et élevées par les moisissures des grains (Nioro, Saria) ou le complexe punaises des panicules-moisissures (Samanko).

La sélection généalogique puis la sélection par rétrocroisement ont été utilisées. Les populations F2 en disjonction sont évaluées avec des effectifs variant de 1 000 à 2 000 plantes par F2. Les lignées F3 à F6 sont généralement évaluées sur une base de 26 à 34 plantes par lignée selon la génération de sélection. Pour chaque descendance, les observations réalisées au champ portent sur les caractères agronomiques tels que la vigueur à la levée, la hauteur des plantes, la date de floraison ou de maturité, la résistance aux maladies foliaires, le caractère *stay-green* (caractère conférant une meilleure résistance à la sécheresse post-floraison) et la grosseur de la panicule ainsi que sur des caractères plus impliqués dans la qualité du grain tels que la compacité de la panicule, la résistance aux moisissures des grains et aux punaises des panicules, la couleur, la grosseur et la vitrosité du grain. Selon DUFOUR (1996), pour chacun des caractères durée de cycle, compacité de la panicule et propriétés du grain, l'héritabilité est élevée, rendant possible une sélection précoce. Parfois, un deuxième tri des lignées est effectué au laboratoire pour les caractères de grain tels que la vitrosité ou la résistance aux moisissures. Ainsi, par exemple pour les caractères de la panicule et du grain, on a sélectionné les descendances ayant des panicules semi-compactes ou semi-lâches bien aérées, et des grains blancs peu ou pas tachés d'anthocyane, ayant un péricarpe moyennement épais, un haut degré de résistance aux moisissures et aux punaises, un poids de 1 000 grains supérieur à 20 grammes et une vitrosité élevée. Cette sélection simultanée pour les caractères agronomiques et les caractères de grains est poursuivie jusqu'à la génération F6. Les lignées sont ensuite suffisamment homogènes pour être évaluées pour le rendement.

Test variétal de sorgho en milieu paysan, Burkina Faso. (G. Trouche)

Une évaluation précoce de la qualité du grain des nouvelles lignées. Après deux à trois années d'évaluation pour le rendement et pour d'autres caractères agronomiques tels que la résistance à la verse (qui a conduit à éliminer environ 80 % des nouvelles sélections), les meilleures lignées sont appréciées pour la qualité technologique et physico-chimique du grain grâce à des tests de dégustation du tô et des analyses réalisées au laboratoire.

Les tests de dégustation permettent d'apprécier la valeur des nouvelles variétés dans les conditions de préparation traditionnelle du tô en milieu rural, en comparaison avec des variétés guinea locales de référence. Pour cela, les échantillons de grains des variétés à tester sont d'abord décortiqués par des femmes selon la méthode traditionnelle (décorticage au pilon dans un mortier). Cette étape permet d'évaluer la difficulté du décorticage, la qualité du produit obtenu (degré de détachement du péricarpe et du germe, quantité de brisures) et le rendement au décorticage, lequel peut varier de moins de 60 à 90 % selon la grosseur et la dureté des grains et l'épaisseur du péricarpe. Le test de dégustation consiste à recueillir l'appréciation d'une vingtaine de consommateurs, avec si possible autant d'hommes que de femmes, pour les cinq cri-

Tableau 1. Principaux géniteurs utilisés pour l'amélioration de la qualité du grain des variétés caudatum.

Géniteurs	Caractères améliorateurs
IRAT 277, S 8136, SSV3, Kokologho	panicules aérées
F2-20, CE 259/13-1-2, 193-2, ICSV 111	tolérance aux moisissures des grains
BF 82-4/4-1-1, WSW 387, S 8136	grains vitreux
ICSV 1049, BF 82-4/4-1-1	bonne qualité intrinsèque du grain pour le tô

tères qui définissent le mieux la qualité du tô : la couleur, la consistance au toucher, la consistance en bouche, le goût et la conservation après 24 heures.

Les mêmes échantillons de grains utilisés pour les tests de dégustation subissent une série d'analyses technologiques en laboratoire : le rendement au décorticage après 5 minutes, la dureté du grain selon la méthode *Particle Size Index*, la teneur en protéine sur grains entiers, la teneur en amylose de la farine et la fermeté du pâton de tô mesurée à l'aide de l'appareil INSTRON. Ces résultats viennent en complément des résultats de tests de dégustation afin d'identifier les nouvelles variétés les plus intéressantes.

Des nouvelles variétés sélectionnées

Ce travail de sélection pour l'amélioration de la qualité technologique du grain des variétés caudatum a conduit à l'obtention de plusieurs séries de nouvelles lignées de sorgho, dont les plus avancées sont actuellement en prévulgarisation au Burkina Faso.

Au Burkina Faso, les deux meilleures obtentions sont CEF 322/53-1-1 (CIRAD 437) et BF 85-3/1-2-2 (CIRAD 436). Ces deux lignées sont testées en milieu paysan depuis 1997 dans plusieurs sites de la zone nord-soudanienne du Burkina Faso avec l'appui financier du Rocars (Réseau ouest et centre-africain de recherches sur le sorgho) ; elles sont également évaluées depuis 1998 dans 12 pays ouest- et centre-africains, dont le Mali, au sein de l'essai régional d'adaptation du sorgho de cycle moyen du Rocars.

Dans les tests en milieu paysan conduits au Burkina Faso de 1997 à 1999, les variétés CEF 322/53-1-1 et BF 85-3/1-2-2 ont donné des gains moyens de rendement de + 30 et + 8 % par rapport aux variétés locales des paysans (tableau 2). Pour la qualité du grain, les notes d'appréciation du tô dans les tests de dégustation et les mesures de fermeté du tô et de teneur en amylose au laboratoire montrent les progrès réalisés par rapport à une variété sélectionnée caudatum de qualité passable (Sariaso 10) et à une variété témoin guinea (Sariaso 9) (tableau 3). D'autres sélections caudatum plus récentes montrent également une qualité de grain améliorée par rapport aux anciennes variétés sélectionnées caudatum témoin et équivalente aux variétés guinea témoin (figure 4).

Amélioration de la productivité des variétés guinea

Les objectifs de sélection sont la création de lignées à base génétique guinea, parfois enrichies par du germoplasme caudatum, ayant une productivité améliorée mais conservant les caractères favorables des sorghos guinea, que sont la rusticité, le photopériodisme et la qualité du grain. L'amélioration de la productivité est axée en priorité sur la réduction de la hauteur des plantes afin d'augmenter le ratio grain sur paille et l'adéquation entre la compacité et la longueur de la panicule afin d'accroître le nombre de grains par panicule. Les autres critères de sélection sont la résistance aux maladies foliaires, à la sécheresse et à la verse.

Le schéma de sélection

Un choix raisonné des géniteurs. Un grand nombre de croisements inter-guinea ont été réalisés au Sénégal, au Mali et au Burkina Faso. La plupart de ces croisements ont été définis en recherchant une complémentarité des caractères morphologiques et agronomiques entre les géniteurs parentaux. La majorité des croisements a été réalisée entre des écotypes du groupe gambicum d'Afrique de l'Ouest et plus rarement entre des écotypes gambicum et margaritiferum (tableau 4). Depuis 1996, les croisements sont plus diversifiés afin d'exploiter la diversité génétique existant entre les trois groupes de sorghos guinea reconnus (gambicum d'Afrique de l'Ouest, conspicuum d'Afrique australe et margaritiferum) (DEU *et al.*, 1995).

Un criblage précoce des descendances pour les critères morphologiques. Les méthodes utilisées sont les mêmes que pour la sélection des sorghos caudatum. Une attention particulière est portée sur les descendances ayant une hauteur de plante comprise entre 2,5 et 3 mètres (recherche d'un à deux gènes de nanisme), des panicules lâches ou semi-lâches assez denses et des grains blancs peu tachés, de grosseur moyenne et très vitreux.

Figure 4. Teneur en amylose et fermeté du tô des meilleures nouvelles sélections caudatum et guinea.

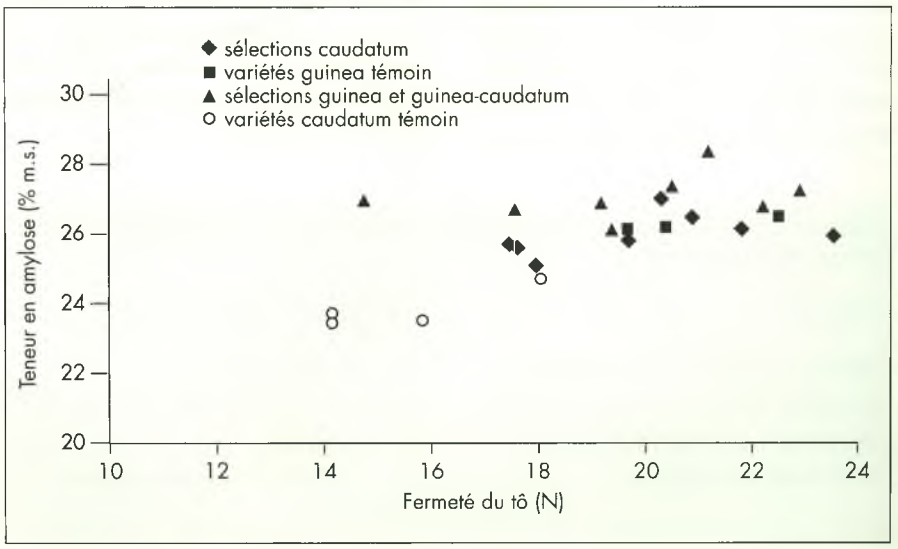


Tableau 2. Essai en milieu paysan des variétés sélectionnées caudatum CEF 322/53-1-1 et BF 85-3/1-2-2 (29 essais dans 5 sites de la région centre du Burkina Faso de 1997 à 1999).

Variété	Rendement moyen (kg/ha)	Rendement maximum	Rendement minimum	Gain moyen de rendement par rapport aux variétés locales témoins (%)
CEF 322/53-1-1 (CIRAD 437)	1 670 s	3 884	732	+ 30
BF 85-3/1-2-2 (CIRAD 436)	1 390	3 375	435	+ 8
Sariaso 9 variété guinea témoin)	1 286	3 093	212	0
Variétés locales du paysan	1 282	2 946	569	0
Moyenne	1 407			
Test F variété	*			
ETM (ddl = 12)	97			
Test F interaction site x variété	NS			

Test F de Fisher :
* : significatif au seuil de probabilité de 0,05 ; NS : non significatif
ETM : écart-type de la moyenne ; ddl : degrés de liberté
s : significativement supérieur aux variétés témoins (locales paysans et Sariaso 9) selon le test de Dunnet au seuil de risque $\alpha = 0,05$

Tableau 3. Caractéristiques technologiques et physico-chimiques des grains des variétés CEF 322/53-1-1 et BF 85-3/1-2-2 par rapport à deux variétés témoins guinea et caudatum.

Variété	Vitrosité du grain (1)	Rendement au décorticage manuel (%)	Note moyenne d'appréciation du tô (2)	Dureté du grain (PSI) (3)	Teneur en amylose % (m.s.) (3)	Fermeté du pâton de tô (N) (3)
CEF 322/53-1-1 (CIRAD 437)	2,5	75	2,67	9,8	25,7	17,5
BF 85-3/1-2-2 (CIRAD 436)	3,5	67	2,93	14,5	26,2	21,8
Sariaso 9 (témoin guinea)	2,5	78	2,84	13,3	26,1	19,7
Sariaso 10 (témoin caudatum)	3	73	2,64	12,2	23,5	14,2
Test F variété	NS	NS				
ETM (ddl = 3)	7,3	0,08				

Test de Fisher :
* : significatif au seuil de probabilité de 0,05 ; NS : non significatif
ETM : écart-type de la moyenne ; ddl : degrés de liberté
(1) : vitrosité du grain selon l'échelle visuelle Icrisat/Ipgri de 1 à 5 où 1 = endosperme 100 % vitreux et 5 = endosperme 100 % farineux
(2) : note moyenne d'appréciation des cinq critères définissant la qualité du tô obtenue dans deux tests de dégustation organisés à Saria selon l'échelle de notation de 1 à 3 : 1 = mauvais ; 2 = passable ; 3 = bon
(3) : analyses effectuées au laboratoire qualité des produits du Cirad-ca sur des échantillons de grains de Saria, récolte 1997

Une évaluation précoce de la qualité technologique et biochimique du grain. De même que pour les sorghos caudatum, l'évaluation de la qualité technologique et biochimique du grain des nouvelles lignées sélectionnées est effectuée de manière précoce par des analyses de laboratoire et des tests de dégustation.

Tests en milieu paysan

Au Burkina Faso, deux lignées sélectionnées issues des croisements inter-guinea, BC1 S29/2-2 et CG 27/32-3-1, sont actuellement au stade de tests avancés en milieu paysan. Ces deux lignées présentent par rapport à la variété guinea de référence Sariaso 9, un rendement en grain amélioré, un meilleur ratio grain sur paille, une meilleure tolérance à la sécheresse et des caractéristiques technologiques et biochimiques du grain très satisfaisantes (tableau 5).

Au Mali, la lignée CGM 19/9-1-1 a montré des gains de rendement par rapport aux variétés témoins guinea de + 34 % en milieu contrôlé et + 19 % en milieu paysan (CHANTEREAU *et al.*, 1998) ; cette lignée présente également un ratio grain/paille nettement amélioré et une très bonne qualité de grain.

Combinaison des avantages des deux races

Ce type de croisement vise à recombiner les caractères favorables d'adaptation, de productivité et de qualité de grain des deux races.

Les géniteurs caudatum sont choisis pour apporter les facteurs de productivité, les gènes de nanisme pour l'amélioration du ratio grain/paille, la résistance aux maladies foliaires, la résistance à la verse et le caractère *stay green* pour la résistance à la sécheresse post-floraison ; ces géniteurs doivent également posséder quelques caractères favorables de qualité du grain comme la tolérance aux moisissures ou des grains semi-vitreux. Parmi les géniteurs les plus utilisés, on peut mentionner les lignées sélectionnées caudatum F2-20, Sepon 82, IRAT 204, Sureno et Sariaso 10. Les géniteurs guinea les plus employés sont comme précédemment L11, 54-14, S29, Nazongala, Nongomsoba auxquels on doit rajouter des écotypes de la collection malienne (CSM 209, CSM 485), IS 9225 (écotype d'Ouganda) et des lignées sélectionnées guinea (Miksor 86-30-3, CG 35/9-1-2, CGM 39/22-1-2).

Une approche participative pour le choix des nouvelles variétés

Au Mali, la variété CEM 326/11-5-1-1 (CIRAD 406), lignée sélectionnée à partir d'un croisement guinea x caudatum, associe une productivité élevée et une bonne qualité du grain (tableau 6) (CHANTEREAU *et al.*, 1998). Cette variété présente en outre un excellent niveau de résistance au complexe punaises-moisissures des grains (RATNADASS *et al.*, 1999).

De nouvelles lignées issues de croisements guinea x caudatum sont en phase d'évaluation au Burkina Faso depuis 1996. Leur type morphologique est intermédiaire entre les types guinea et les types caudatum avec une hauteur de plante réduite, une panicule semi-lâche dressée et des grains généralement très vitreux et plutôt petits. Ces lignées montrent une légère amélioration de la productivité par rapport à la variété guinea témoin Sariaso 9 associée à une qualité de grain supérieure (grains plus durs, teneur en amylose très élevée, excellente fermeté du tô) (tableau 6 et figure 4). Depuis la campagne agricole 1998/1999, ces lignées sont proposées à l'appréciation des paysans dans plusieurs régions du Burkina selon une approche participative en milieu réel afin de vérifier si ce matériel répond de manière satisfaisante à leurs contraintes et à leurs objectifs de production.

Conclusion

Les recherches effectuées au cours des cinq dernières années sur la qualité de grain des sorghos ont permis de réaliser des avancées importantes dans les domaines de la connaissance des caractères du grain définissant la qualité du tô, des facteurs génétiques impliqués, des géniteurs améliorateurs et des méthodes de criblage pour l'amélioration de la qualité du grain et de la productivité. Ces progrès scientifiques sont tra-

Tableau 4. Principaux géniteurs guinea utilisés dans les croisements guinea x guinea.

Géniteurs	Origine et caractéristiques principales
L11 (87-42), 53-49, 62-15	Ecotypes gambicum du Sénégal précoces ou demi-précoces avec de très beaux grains vitreux
87-31	Type shallu, origine inconnue, tan, hauteur de plante = 250 cm
57-26	Ecotype conspicuum du Mozambique précoce et productif
54-14, 64-17	Ecotypes gambicum du Mali assez productifs avec de beaux grains vitreux
S29, Nomgomsoba Nazongala	Ecotypes gambicum du Burkina Faso de cycle moyen, assez productifs avec des grains vitreux
L1, G 660, G 1050	Ecotypes margaritiferum du Sénégal à grains très vitreux

Variété locale de sorgho guinea, Burkina Faso. (G. Trouche)

Panicule lâche et retombante de sorgho guinea. (G. Trouche)

duits par la création de variétés sélectionnées qui associent mieux qu'auparavant productivité et qualité du grain.

A travers le Réseau Rocars, les meilleures variétés issues de ces programmes de sélection ont pu être évaluées dans une quinzaine de pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre, ce qui confère une dimension régionale à ces travaux de recherche. Les résultats obtenus par plusieurs variétés au cours de ces quatre dernières années sont très encourageants. Ainsi, dans l'essai régional d'adaptation du sorgho de cycle moyen du Rocars, la variété CEM 326/11-5-1-1 (CIRAD 406) a été jugée par le Réseau comme la meilleure variété de cycle moyen pour la période 1995-1997, ce qui lui a valu d'être maintenue dans cet essai pour la période suivante au titre de témoin régional. En 1998,

Tableau 5. Performances agronomiques et caractéristiques des grains des lignées sélectionnées guinea BC1 S29/2-2 et CG 27/32-3-1.

Variété	Rendement grain moyen 1995-1998 à Saria (kg/ha)	Hauteur de plante (cm) (1)	Ratio grain/ paille (1)	Vitrosité du grain (2)	Dureté du grain (PSI) (3)	Teneur en amylose (% ms) (3)	Fermeté du pâton de tô (N) (3)
BC1 S29/2-2	2 565	343	0,49	2,5	10	27,3	22,9
CG 27/32-3-1	2 672	265 i	0,49	1,5	8,5	26,9	19,2
Sariaso 9 (témoin guinea)	2 287	365	0,40	3	13,3	26,1	19,7
Test F variété	NS	**	**				
ETM	100	6,7	0,02				
Ddl	6	24	24				
Test F interaction Variété x année	S						

Test F de Fisher :
*: significatif au seuil de probabilité de 0,05 ; NS : non significatif
ETM : écart-type de la moyenne ; ddl : degrés de liberté
i = significativement inférieur au témoin selon le test de Dunnett au seuil de risque $\alpha = 0,05$

(1) : résultats d'un essai conduit à Saria en 1998
(2) : vitrosité du grain selon l'échelle Icrisat/Ipgri de 1 à 5 où 1 = endosperme 100 % vitreux et 5 = endosperme 100 % farineux
(3) : analyses effectuées au laboratoire qualité des produits du Cirad-ca sur des échantillons de grains de Saria, récolte 1997

Tableau 6. Performances agronomiques et caractéristiques des grains de quelques lignées sélectionnées guinea-caudatum prometteuses.

Variété	Rendement grain moyen station (kg/ha)	Hauteur de plante (cm)	Poids 1 000 grains	Vitrosité du grain (1)	Dureté du grain PSI (2)	Teneur en amylose (% ms)	Fermeté du pâton de tô (N) (2)
Burkina Faso							
CEF 395/9-2-3	2 265 (3)	274 (3)	21	2,5	9,8	26,8	22,2
CEF 396/8-4-1-1	2 270	250	20	3	9,8	28,4	21,2
CEF 396/10-1-2	2 475	233	20	3	9,6	27	14,8
CEF 396/12-3-1	2 405	273	23	2	8,4	27,4	20,5
Sariaso 9 (témoin guinea)	2 235	378	25	2,5	13,3	26,1	19,7
Mali							
CEM 326/11-5-1-1	2 497(4)	224 (4)	17	2,5	8	27	20,3
Sariaso 9 (témoins guinea)	1 760	365	25	2,5	13,3	26,1	19,7
Sariaso 10 (témoin caudatum)	2 440	229	25	3	12,2	23,5	14,2

(1) : observations réalisées à l'Inera sur des échantillons de grains d'essai de Saria, récolte 1997, vitrosité du grain selon l'échelle visuelle Icrisat/Ipgri de 1 à 5 où 1 = endosperme 100 % vitreux et 5 = endosperme 100 % farineux
(2) : analyses effectuées au laboratoire qualité des produits du Cirad-ca sur des échantillons de grains de Saria, récolte 1997
(3) : moyenne de trois années d'évaluation à Saria (1996 à 1998)
(4) : moyenne de 9 essais régionaux d'adaptation du Rocars conduits dans 8 pays ouest et centre-africains

CEF 322/53-1-1 (CIRAD 437), CEM 326/11-5-1-1 et BF 85-3/1-2-2 (CIRAD 436) se sont classées aux trois premiers rangs sur la base du rendement en grain moyen obtenu dans neuf pays (ROCARS, 1999). Dans l'essai régional d'adaptation du sorgho de cycle court du Rocars, une autre variété sélectionnée, CEF 357/6-2-1, a été en 1998 la plus performante pour le rendement en grain moyen selon les résultats obtenus dans douze pays (ROCARS, 1999). Pour ces différentes variétés, des semences de base sont actuellement disponibles auprès du Rocars et de l'Inera.

Dans le futur, la mise au point de nouvelles techniques de spectrophotométrie dans le proche infra-rouge pour un criblage encore plus précoce de la qualité de grain pour le tô et l'approfondissement des connaissances sur la génétique des critères de qualité et leur exploitation dans les programmes de sélection sont attendus. En outre, les critères de qualité pour l'élaboration d'autres produits à base de sorgho (couscous, farines infantiles, biscuits) pourront être définis.

Bibliographie

CHANTEREAU J., AG HAMADA M., BRETAUDEAU A., TEMBELY S.O., 1998. Etude de nouvelles variétés de sorgho en milieu paysan dans la zone cotonnière Cmdt au Mali (1995-1996). *In* Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre. Actes de l'atelier de restitution du programme conjoint sur le sorgho Icrisat-Cirad, Bamako, Mali, 17-20 mars 1997, Montpellier, Cirad-ca, p. 199-210.

CHANTEREAU J., LUCE C., AG HAMADA M., TROUCHE G. 1998. L'utilisation des sorghos guinea en sélection dans le programme conjoint Icrisat-Cirad sur le sorgho. *In* Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre. Actes de l'atelier de restitution du programme conjoint sur le sorgho Icrisat-Cirad, Bamako, Mali, 17-20 mars 1997, Montpellier, Cirad-ca, p. 65-72.

DEGREMONT I., 1992. Evaluation de la diversité génétique et du comportement en croisement des sorghos (*Sorghum bicolor* L. Moench) de race guinea au moyen de marqueurs enzymatiques et morpho-physiologiques. Thèse de doctorat, Université Paris-Sud, France.155 p.

DEU M., HAMON P., CHANTEREAU J., DUFOUR P., D'HONT A., LANAUD C., 1995. Mitochondrial DNA diversity in wild and cultivated sorghum. Genome, 38 : 635-645.

DUFOUR P., 1996. Cartographie moléculaire du génome du sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) : application en sélection variétale ; cartographie comparée chez les andropogonées. Thèse de doctorat, Université Paris-Sud, France.103 p.

FLIEDEL G., GRENET C., GONTARD N., PONS B., 1989. Dureté, caractéristiques physico-chimiques et aptitude au décorticage des grains de sorgho. Céréales en régions chaudes. Aupelf-Uref, Ed. John Libbey Eurotexet, Paris, p. 187-201.

FLIEDEL G., 1994. Evaluation de la qualité du sorgho pour la fabrication du tô. Agriculture et développement, 4 : 12-21.

FLIEDEL G., SAMBUMUKAMA C., SONGRE L., MATENCIO F., sous presse. Tests d'évaluation de la qualité des grains de sorgho pour des bouillies épaisses traditionnelles en Afrique. Communication présentée à l'atelier régional sur les semences et les hybrides de

sorgho et de mil. Niamey, Niger, 28 septembre-2 octobre 1998 (actes sous presse).

FAO, 1999. Annuaire de production : 1998. Rome, Italie, FAO, 243 p.

MATLON P. J., 1985. Analyse critique des objectifs, méthodes et progrès accomplis à ce jour dans l'amélioration du sorgho et du mil : une étude de cas de l'Icrisat au Burkina Faso. *In* Technologies appropriées pour les paysans des zones semi-arides de l'Afrique de l'Ouest, H. W. Ohm & J. G. Nagy, Eds. Université de Purdue, Etats-Unis, p. 181-211.

RAMI J. F., DUFOUR P., TROUCHE G., FLIEDEL G., MESTRES C., DAVRIEUX F., BLANCHARD P., HAMON P., 1998. Quantitative trait loci for grain quality, productivity, morphological and agronomical traits in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Theoretical and Applied Genetics 97 : 605-616.

RATNADASS A., BUTLER D. R., MARLEY P. S., AJAYI O., BANDYOPADHYAY R., HAMADA M. A., HESS D. E ., ASSAMOI F., ATOKPLE I. D. K., BEYO J., CISSÉ O., DAKOUO D., DIAKITÉ M., DOSSOU YOVO S., LE DIAMBO B., SISSOKO I., VOPEYANDE M. B., AKINTAYO I., 1999. Interaction of head bugs, molds and climate on sorghum grains in West and Central Africa. Actes de l'atelier du ROCARS, avril 1999, Lomé, Togo (Sedgo J. ed.), sous presse.

ROCARS, 1999. Rapport annuel d'activités 1998. ROCARS, Bamako, Mali, 19 p.

SAPIN, P., 1983. Le sorgho et son amélioration, synthèse Haute Volta 1961-1981. Cneatc/Irat, Montpellier, France. 89 p.

TOURE A., TRAORE K., SCHEURING J. F., ROSENOW D. T., ROONEY L.W., 1997. The potential of local cultivars in sorghum improvement in Mali. *In* the International Conference on Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet, 22-27 septembre, 1996. Usaid, Lubbock, Etats-Unis, p. 678-679.

TROUCHE G., CHANTEREAU J., ZONGO J. D. 1998. Variétés traditionnelles et variétés améliorées de sorgho dans les régions sahéliennes. *In* Le futur des céréales photopériodiques pour une production durable en Afrique tropicale semi-aride. (L. BACCI et J. F. REYNIERS Ed.), Florence, Italie, 27-30 avril 1998, Cesia/Cirad, Montpellier, France, p. 197-208.

VAKSMANN M., TRAORE S., NIANGADO O., 1996. Le photopériodisme des sorghos africains. Agriculture et développement, 9 : 13-18.

ZONGO J. D., 1991. Ressources génétiques des sorghos (*Sorghum bicolor* L. Moench) du Burkina Faso : évaluation agromorphologique et génétique. Thèse de doctorat, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 219 p.

YAPI A. M., DEBRAH S. K., 1998. Evaluation de l'impact des recherches variétales de sorgho et de mil en Afrique de l'Ouest et du Centre. *In* Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre. Actes de l'atelier de restitution du programme conjoint sur le sorgho Icrisat-Cirad. Bamako, Mali, 17-20 mars 1997, Cirad-ca, p. 215-221.

Résumé...Abstract...Resumen

G. TROUCHE, G. FLIEDEL, J. CHANTEREAU, C. BARRO — **Productivité et qualité des grains de sorgho pour le tô en Afrique de l'Ouest : les nouvelles voies d'amélioration.**

Le sorgho est une culture vivrière majeure en Afrique de l'Ouest où il est principalement consommé sous la forme d'une bouillie épaisse appelée tô. Les variétés locales de sorgho, en majorité de race guinea, possèdent les caractéristiques de grain requises pour donner un tô de bonne qualité mais ont un potentiel de rendement limité par leur faible ratio grain/paille. Les variétés sélectionnées, pour la plupart de race caudatum, présentent un potentiel de rendement supérieur mais souffraient d'une qualité de grain jugée médiocre pour le tô. Des recherches ont été conduites pour mettre au point des variétés à la fois productives et disposant d'une qualité de grain appropriée. Actuellement, les critères technologiques et biochimiques du grain déterminant la qualité du tô sont bien connus et des tests simples et fiables ont été développés pour l'évaluation des variétés. Des régions du génome contrôlant les principaux facteurs de qualité et de productivité ont été identifiées. Utilisant ces nouveaux outils et connaissances, des schémas de sélection ont été développés afin d'améliorer la qualité de grain des sorghos caudatum et d'accroître la productivité des sorghos guinea. Ils ont abouti à la création de nouvelles variétés très performantes telles que CEF 322/53-1-1 (CIRAD 437) et CEM 326/11-5-1-1 (CIRAD 406), qui sont actuellement évaluées au travers du réseau ouest et centre-africain de recherches sur le sorgho.

Mots-clés : sorgho, productivité, transformation, qualité, grain, amélioration variétale, Afrique de l'Ouest.

G. TROUCHE, G. FLIEDEL, J. CHANTEREAU, C. BARRO — **Improving sorghum and grain productivity for tô in West Africa.**

Sorghum is a major food crop in West Africa, where it is primarily eaten in the form of a thick gruel called tô. The local sorghum varieties, mostly of the race *guinea*, have the necessary grain qualities to make good quality tô, but have limited production potential due to their poor grain:straw ratio. Selected varieties, which are mostly of the race *caudatum*, have a higher production potential but have suffered until now because of their grain quality, which is considered poor for making tô. Research has been conducted to develop varieties that are both productive and have the appropriate grain quality. The technological and biochemical characteristics of the grain that determine tô quality are well known, and simple, reliable tests have been developed for varietal assessment. The genome regions governing the main quality and productivity factors have been identified. Based on these new tools and new knowledge, breeding schemes were developed with a view to improving *caudatum* grain quality and increasing *guinea* productivity. They have led to the creation of new, much improved varieties such as CEF 322/53-1-1 (CIRAD 437) and CEM 326/11-5-1-1 (CIRAD 406), which are currently being tested through the West and Central African sorghum research network.

Keywords: sorghum, productivity, processing, quality, grain, varietal improvement, West Africa.

G. TROUCHE, G. FLIEDEL, J. CHANTEREAU, C. BARRO — **Productividad y calidad de los granos de sorgo para el tô en África occidental : los nuevos modos de mejoramiento.**

El sorgo es uno de los principales cultivos alimentarios de África occidental en donde suele consumirse en forma de caldo espeso llamado tô. Las variedades locales de sorgo, en su mayoría guineense, poseen las características de grano necesarias para proporcionar un tô de buena calidad pero tienen un potencial de rendimiento limitado por su baja relación grano /paja. Las variedades seleccionadas, mayoritariamente de variedad caudatum, presentan un potencial de rendimiento superior pero padecen de una calidad de grano considerada mediocre para el tô. Se realizaron investigaciones para la puesta a punto de variedades que fueran a la vez productivas y con una calidad de grano adecuada. Actualmente, los criterios tecnológicos y bioquímicos del grano para determinar la calidad del tô son bien conocidos y se han desarrollado pruebas simples y confiables para la evaluación de las variedades. Se identificaron regiones del genoma que controlaban los principales factores de calidad y de productividad. Utilizando esos nuevos instrumentos y conocimientos, se desarrollaron esquemas de selección para mejorar la calidad de grano del *sorghum caudatum* e incrementar la productividad del *sorghum guineense*. El resultado ha sido la creación de nuevas variedades de gran desempeño como CEF 322/53-1-1 (CIRAD 437) y CEM 326/11-5-1-1 (CIRAD 406), que son actualmente evaluadas a través de la red occidental y centroafricana de investigaciones sobre el sorgo.

Palabras clave: sorgo, productividad, transformación, calidad, grano, mejoramiento varietal, África occidental.